

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMPUS DE CURITIBANOS

CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS

Paulo Bai Filho

**CARACTERIZAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE RESÍDUO PROVENIENTE DA
COMBUSTÃO DE BIOMASSA FLORESTAL PARA USO AGRÍCOLA**

Curitibanos
2018

Paulo Bai Filho

**CARACTERIZAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE RESÍDUO PROVENIENTE DA
COMBUSTÃO DE BIOMASSA FLORESTAL PARA USO AGRÍCOLA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, do campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Profº Drº Antônio Lunardi Neto
Co-orientadora: Profª Drª Mônica Aparecida Aguiar dos Santos

Curitiba
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bai Filho , Paulo

CARACTERIZAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE RESÍDUO PROVENIENTE DA
COMBUSTÃO DE BIOMASSA FLORESTAL PARA USO AGRÍCOLA / Paulo
Bai Filho ; orientador, Antônio Lunardi Neto ,
coorientador, Mônica Aparecida Aguiar dos Santos , 2018.
20 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Cinza. 3. Ecotoxicologia . 4.
Bioindicadores . 5. Biomassa Florestal . I. Lunardi Neto ,
Antônio . II. Aparecida Aguiar dos Santos , Mônica . III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Agronomia. IV. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Ulysses Gaboardi km3
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitiba - SC
TELEFONE (048) 3721-2178 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

PAULO BAI FILHO

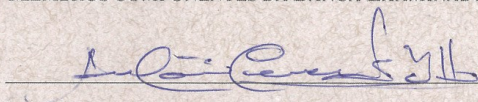
Caracterização ecotoxicológica de resíduo proveniente da combustão de biomassa florestal para uso agrícola

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Colegiado do Curso de Agronomia, do Campus de Curitiba da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Dr. Antônio Lunardi Neto

Data da defesa: 18 de Junho de 2018

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

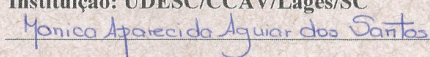


Presidente e Orientador: Antônio Lunardi Neto

Titulação: Doutorado

Área de concentração: Ciência do Solo

Instituição: UDESC/CCAV/Lages/SC

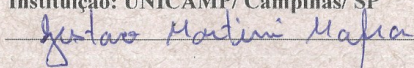


Membro Titular: Mônica A. Aguiar dos Santos

Titulação: Doutorado

Área de concentração: Eng^a Agrícola

Instituição: UNICAMP/ Campinas/ SP



Membro Titular: Gustavo Martini Mafra

Titulação: Eng^o Agrônomo

Área de concentração: Forragicultura

Instituição: UFSC/CBS

Local: Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitiba

AGRADECIMENTOS

A minha família (pai, mãe e irmão) por todo apoio, compreensão e principalmente amor, para que eu pudesse vencer a mais essa etapa da minha vida. Sempre me dando força nos momentos difíceis e compartilhando sua alegria.

A minha família que construí ao longo dos anos em todos os lugares que passei cada pessoa, cada um que uma forma ou outra me ajudaram.

Ao meu orientador **Drº. Profº. Antônio Lunardi Neto**, pelos ensinamentos, confiança, paciência, amizade e exemplo de dedicação e profissionalismo.

A minha co-orientadora **Drª. Profª. Mônica Aparecida Aguiar dos Santos**, que foi além de uma professora se tornando um pouco “mãe”. Pelos ensinamentos, confiança, paciência, amizade e exemplo de dedicação e profissionalismo.

A **Drª. Profª. Júlia Cariana Niemeyer** por toda paciência e ensinamento a mim dados.

A **TODAS** as pessoas que de uma forma ou outra acrescentaram alguma coisa em minha vida.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Composição da cinza utilizada no experimento.....	13
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recipiente contendo solo, cinzas e minhocas adicionadas no centro.....	15
Figura 2 - Procedimento adotado para contagem dos colêmbolos.....	16
Figura 3 - Teste de fuga com minhocas. Número de minhocas na cinza e no solo controle após 48 h. Barras indicam o desvio padrão. Asterisco indica diferenças significativas ($p<0,05$) no teste exato de Fisher.....	17
Figura 4 - Teste de reprodução com colêmbolos. Número médio de juvenis de colêmbolos <i>Folsomia candida</i> no Solo Artificial Tropical (SAT), Solo Natural, e diferentes doses de cinza aplicada ao solo natural. Barras indicam o desvio padrão. Não houve redução na reprodução dos colêmbolos nas doses avaliadas (ANOVA seguida do teste de comparações múltiplas de Dunnet, $p<0,05$, considerando o solo natural como controle).....	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1 Teste de fuga com minhocas	14
2.2 Teste de reprodução com colêmbolos	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 Teste de fuga com minhocas	17
3.2 Teste de reprodução com colêmbolos	17
4 CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS	20

Caracterização ecotoxicológica de resíduo proveniente da combustão de biomassa florestal para uso agrícola

Paulo Bai Filho

RESUMO

As cinzas são obtidas a partir da queima da biomassa florestal, durante o processo de combustão em caldeiras. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da cinza de biomassa florestal no solo utilizando os organismos bioindicadores minhocas e colêmbolos. Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos. O teste de fuga com minhocas foi baseado na ABNT/ISO 17512-1, e foram usadas minhocas da espécie *Eisenia andrei*. O teste de reprodução com colêmbolos foi baseado na ABNT/ISO 11267 e foram usados colêmbolos da espécie *Folsomia candida*. Como controle e para a aplicação das doses, foi usado um Cambissolo. Os resultados mostraram que houve fuga significativa ($p < 0,05$) das minhocas na cinza a 100% quando comparada a testemunha. No ensaio de reprodução com colêmbolos, a cinza aplicada nas doses 0,5%, 1% e 10%, diluída no solo natural do Campus, não ocasionou efeitos deletérios sobre a reprodução de colêmbolos. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a cinza de biomassa florestal, aplicada nas doses avaliadas, não apresentou toxicidade para invertebrados do solo.

Palavras chave: *Eisenia andrei*, Ecotoxicologia; Cinza.

Ecotoxicological characterization of residues resulting from the combustion of forest biomass for agricultural use

Paulo Bai Filho

Abstract

The ashes are get from the biomass forest during the process of combustion of boilers. The aim of the present work is to evaluate the effect of the ash from the biomass forest on the ground using earthworms and collocks as bioindicators organisms. The experiments were realized at the Ecology laboratory from Federal University of Santa Catarina, Curitibanos campus. Two tests were conducted following the ABNT/ISO 17512-1 for the getaway test using earthworms from the *Eisenia andrei* species and then ABNT/ISO 11267 for the reproduction test with collocks from *Folsomia candida* species. For the control group and dose application was used a Cambisol. The results showed a significant getaway of a 100% from the ashes by earthworms ($p < 0,05$) when compared to the control group. At the reproduction test with collocks none of the 0,5%, 1% and 10% doses of ashes, diluted in the campus ground, had any deleterious effects on the collocks procreation. The results obtained from this work indicates that the biomass forest ash applied on the mentioned doses does not present toxicity for the soil invertebrates.

Key words: *Eisenia andrei*, Ecotoxicology; Grey.

1 INTRODUÇÃO

A cinza de biomassa florestal é resíduo gerado pelas indústrias de celulose e papel, advindas do processo de queima para geração de energia para as diversas atividades. A quantidade gerada desse subproduto é de aproximadamente 750 milhões de toneladas e apenas metade é utilizado na agricultura como fonte complementar de adubação (IZQUIERDO, 2012).

As cinzas têm sido destinadas para utilização na agricultura, devido à oferta relativamente barata desse material, contendo elementos essenciais para as culturas, podendo garantir um incremento na fertilidade dos solos.

A composição das cinzas é bastante variada, apresentando elementos essenciais e benéficos para as plantas, como o potássio e o cálcio bem como elementos que possam limitar o seu potencial agrícola ou produtivo, tais como o sódio, entre outros (OSTERAS et al., 2005; SANTANA, 2009; MAEDA et al., 2007).

Para a avaliação da contaminação dos solos, em geral são aplicados métodos químicos, que por vez são pouco eficientes. A utilização de bioindicadores (minhocas e colêmbolos) é técnica eficaz, de baixo custo, não poluidora e com resultados bastante satisfatórios segundo Sisino (2006), porém ainda pouco empregada.

Em geral, minhocas e colêmbolos são considerados engenheiros do ecossistema pela sua capacidade de ciclagem e manutenção das propriedades físico-químicas dos solos. *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida* são as espécies recomendadas para os ensaios de ecotoxicidade por serem facilmente cultivadas em laboratório e sobre as quais há um grande conjunto de dados publicados (BOITEAU, 2011).

A reprodução e testes de fuga de minhocas foram utilizados por Segat (2012) e Maccari (2014) em avaliações com dejetos de suínos. A metodologia demonstrou-se eficiente na determinação da toxicidade nos diferentes solos onde foram estudados.

Ensaio de reprodução com minhocas e colêmbolos estão bem estabelecidos através de protocolos internacionais (ISO 11268-2:1998; ISO 11267:1999) e normas ABNT (NBR ISO 11267; 2011) partindo de um conhecimento já publicado sobre o efeito dos contaminantes sobre as espécies usadas nos ensaios (o colêmbolo *Folsomia candida* e as minhocas *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*).

As cinzas oriundas da biomassa florestal são fontes de nutrientes essenciais para as plantas. Sua utilização na agricultura tem sido prática corriqueira em solos de algumas regiões

do país. Estudos avaliando seus efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, no entanto, são escassos.

No Brasil, trabalho utilizando minhocas e colêmbolos em experimentos com cinzas são escassos, havendo necessidade de explorar melhor seus efeitos na biologia do solo. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial efeito da cinza de biomassa florestal no solo utilizando os organismos bioindicadores minhocas e colêmbolos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de março a abril de 2015, no laboratório de Ecologia da Universidade Federal de Santa Catarina, *Campus* de Curitibanos. Predominam na região os Cambissolos sendo que a classe textural do solo no qual foi desenvolvido o experimento é argilo-siltosa.

Tabela 1. Composição da cinza utilizada no experimento.

Determinações	Resultados	
	Base Seca (65°C)	Base Úmida
pH (CaCl ₂ 0,01 M)	-	9,2
Densidade (Resíduo Orgânico)	-	0,52 g/cm ³
Umidade (Resíduo Orgânico) 60 - 65°C	-	22,90%
Umidade (Resíduo Orgânico) 110°C	-	0,14%
Matéria Orgânica Total (Combustão)	8,51 %	6,56%
Carbono Orgânico	2,70 %	2,08%
Resíduo Mineral Total (R.M.T.)	91,32 %	70,41%
Resíduo Mineral (R.M.)	28,65 %	22,09%
Resíduo Mineral Insolúvel (R.M.I.)	62,67 %	48,32%
Nitrogênio Total	0,34 %	0,26%
Fosforo (P ₂ O ₅) total	1,17 %	0,90%
Potássio (K ₂ O) total	2,24 %	1,73%
Cálcio (Ca) total	3,18 %	2,45%
Magnésio (Mg) total	0,65 %	0,50%
Enxofre (S) total	0,18 %	0,14%
Relação C/N	-	8
Cobre (Cu)	105 mg/kg	81 mg/kg
Manganês (Mn)	2999 mg/kg	2312 mg/kg
Zinco (Zn)	3948 mg/kg	3044 mg/kg
Ferro (Fe)	70475 mg/kg	54336 mg/kg
Boro (B)	75 mg/kg	58 mg/kg
Sódio (Na)	1450 mg/kg	1118 mg/kg

Métodos: pH em CaCl₂ 0,01 M; Matéria Orgânica Total e Resíduo mineral por combustão em mufla; Potássio (K₂O), cálcio (Ca), magnésio (Mg) por espectrofotômetro de absorção atômica, extraído com HC 1+11;

Nitrogênio total, digestão sulfúrica (Kjeldahl); Carbono por oxidação por dicromato seguido de titulação; Fósforo (P₂O₅): Extração com HCl 1+1, determinação por espectrofotômetro (leitura no comprimento de onda de 430 nm) pelo método com a solução de vanadomolibdica; Enxofre (S) Gravimétrico do sulfato de bário; Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Sódio (Na) por espectrofotômetro de absorção atômica extraído com HCl 1+1. Boro (B) por espectro fotômetro com Azometina H monosódica. (Ref.: Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos. MAPA, 2013).

O solo apresentou na camada de 0 a 20 cm de profundidade os seguintes dados analíticos: pH (água): 4,4; H+Al: 17,30; Al: 0,47; Ca: 1,49; Mg: 0,81 expressos em cmol_c kg⁻¹ P (Mehlich): 2,6 e K: 35 expressos em mg/dm³, matéria orgânica: 20 g kg⁻¹.

Para saber qual a composição da cinza que estava sendo utilizada no experimento, uma amostra foi enviada para o laboratório da ESALQ em Piracicaba SP. A cinza apresentou em sua composição as seguintes características como mostra a tabela 1.

Para a avaliação ecotoxicológica da cinza, foram aplicados os ensaios de fuga com minhocas e o ensaio de reprodução com colêmbolos.

2.1 Teste de fuga com minhocas

O teste de fuga com minhocas foi baseado na norma ABNT/ISO 17512-1 (ABNT, 2011), e foram usadas minhocas da espécie *Eisenia andrei*, adultas e cliteladas.

Para a realização do teste foi utilizado um recipiente medindo 20 x 20 cm e 10 cm de profundidade, provido de tampa. O recipiente teve sua tampa previamente perfurada a fim de promover a aeração do conteúdo, e dividido ao meio com o auxílio de uma divisória plástica, que em seguida foi retirada.

Em um dos lados foi colocado solo do Campus previamente corrigido com calcário e sem adição de cinza (tratamento 1 – testemunhas), e no outro somente a cinza (tratamento 2 – 100% cinzas). Foi utilizados aproximadamente 500 gramas de cinza e 500 gramas de solo no recipiente.

Ambos foram umedecidos até cerca de 50% da capacidade de retenção de água, visando garantir a umidade necessária para os organismos.

Para o teste foram utilizadas 10 minhocas que foram colocadas sobre uma peneira e lavadas em água corrente, após este procedimento elas foram dispostas no centro do recipiente, como mostra a Figura 1.



Figura 1 - Recipiente contendo solo, cinzas e minhocas adicionadas no centro.

Fonte: elaborada pelo autor

Aguardaram-se alguns minutos para observar a reação das minhocas aos dois materiais. Como não houve rejeição inicial, o recipiente foi levado para um local escuro com temperatura variando entre 19,5° e 25°C.

Após 48 horas, com o auxílio da divisória plástica, separam-se os tratamentos e realizou-se a contagem das minhocas em cada lado. As minhocas que eram interceptadas pela divisória eram contabilizadas metade para cada tratamento. Cada tratamento foi composto por cinco replicatas. Os resultados obtidos foram analisados pelo Teste Exato de Fisher, $p < 0,05$.

2.2 Teste de reprodução com colêmbolos

O teste de reprodução com colêmbolos foi baseado na ABNT/ISO 11267 e utilizados colêmbolos da espécie *Folsomia cándida* (ABNT, 2011).

Para o teste de reprodução com colêmbolos, utilizaram-se 6 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos aplicados foram os seguintes: controle solo natural (P), solo artificial tropical (SAT), 0,5% de cinzas (1,56g de cinzas em 30g de solo do *Campus*), 1% de cinzas (3,12g de cinzas em 30g de solo do *Campus*) e 10% de cinzas (7,8g de cinzas em 30g de solo do *Campus*).

Os tratamentos foram colocados em recipientes plásticos providos de tampa, perfazendo 30g de cada mistura por recipiente e adicionado 10 ml de água. Ao final reservou-se 5g de cada tratamento para a medição do pH em KCl, cujos resultados obtidos foram os seguintes: solo natural pH 4,8, solo artificial pH 6,0, mistura 0,5% de cinzas pH 6,95, mistura

1% de cinzas pH 6,96 e mistura 10% de cinzas pH 7,19. Em cada recipiente foram adicionados 10 indivíduos com 10 a 12 dias de idade.

A umidade do solo foi mantida constante a fim de fornecer um ambiente propício ao desenvolvimento dos colêmbolos. A pesagem dos recipientes foi feita semanalmente e quando necessário foi adicionado água para repor a umidade, e ao 1º e 14º dia foi adicionado o alimento, fermento biológico.

Após 28 dias foi realizada a contagem dos juvenis. Para a contagem adicionou-se água destilada em cada recipiente e uma gota de tinta para carimbo, mexendo até que os indivíduos flutuassem.

Foram feitas duas fotografias para cada repetição, utilizando-se uma máquina digital de alta resolução. A melhor fotografia foi adicionada ao computador, e utilizando-se do *Software ImageJ* pôde-se contar o número de indivíduos adultos e juvenis, presentes. A figura 2 mostra a fotografia de um dos recipientes contendo os colêmbolos, pronta para ser analisada.



Figura 2: Procedimento adotado para contagem dos colêmbolos.
Fonte: elaborada pelo autor

Os resultados obtidos foram avaliados com ANOVA seguida do teste de comparações múltiplas de Dunnet, $p < 0,05$, considerando o solo natural como testemunha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste de fuga com minhocas

Os resultados do teste de fuga com minhocas são apresentados na figura 3.

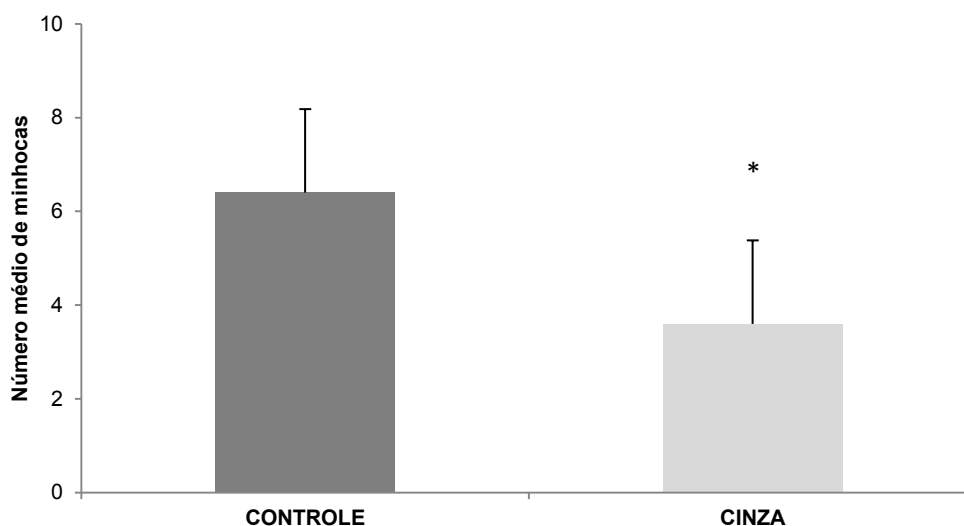


Figura 3 - Teste de fuga com minhocas. Número de minhocas na cinza e no solo testemunha após 48 h. Barras indicam o desvio padrão. Asterisco indica diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste exato de Fisher.

Os resultados mostram que houve fuga significativa ($p < 0,05$) das minhocas na cinza (Tratamento 2) quando comparadas ao solo testemunha (Tratamento 1). O número médio de minhocas *Eisenia andreino* solo controle foi de 6,4 minhocas enquanto que na cinza a 100% foi de 3,6 minhocas, após 48 h de exposição.

Quando se tem mais de 80% das minhocas na testemunha, considera-se o solo com função de habitat limitada. Neste caso, a função de habitat não chega a ser limitada para as minhocas uma vez que apenas 64% delas foram encontradas no solo testemunha (Tratamento 1) (ABNT NBR ISO 17512-1, 2011).

Os resultados indicam que doses intermediárias de cinza no solo controle devem ser analisadas a fim de verificarem-se os valores limites de aplicação no solo.

3.2 Teste de reprodução com colêmbolos

A figura 4 mostra os resultados de reprodução com colêmbolos após aplicação do teste.

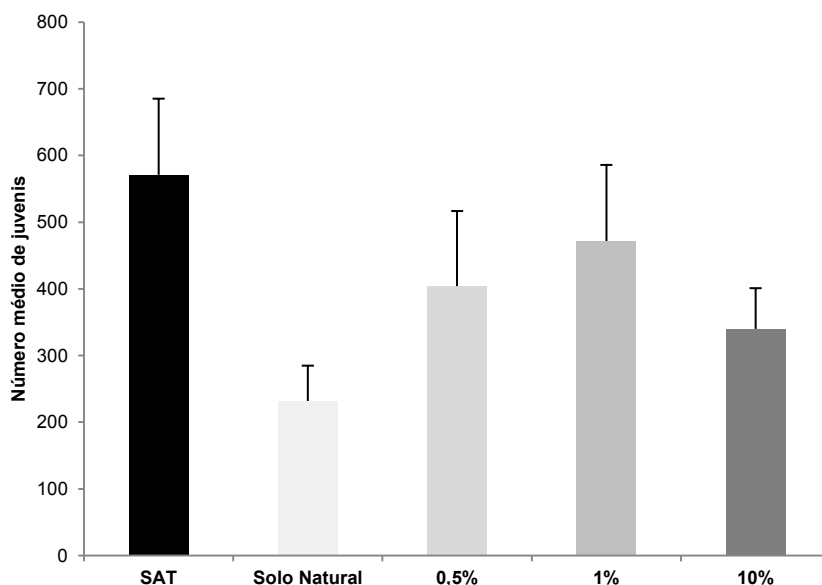


Figura 4 - Teste de reprodução com colêmbolos. Número médio de juvenis de colêmbolos *Folsomia candida* no Solo Artificial Tropical (SAT), Solo Natural, e diferentes doses de cinza aplicada ao solo natural. Barras indicam o desvio padrão. Não houve redução na reprodução dos colêmbolos nas doses avaliadas (ANOVA seguida do teste de comparações múltiplas de Dunnet, $p < 0,05$, considerando o solo natural como testemunha).

No ensaio de reprodução com colêmbolos, a cinza aplicada nas doses 0,5%, 1 e 10%, diluída no solo natural do Campus, não ocasionou efeitos deletérios sobre a reprodução de colêmbolos da espécie *Folsomia candida*, logo as doses testadas poderiam ser utilizadas no solo sem ocasionar impactos para estes organismos.

Para que haja validade do ensaio, a letalidade dos adultos controle, não pode exceder 20% (ABNT NBR ISO 11267-2, 2009).

Os resultados indicam que doses mais elevadas de cinza no solo devem ser analisadas a fim de verificarem-se os valores limites de aplicação no solo.

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostram que houve fuga significativa ($p < 0,05$) das minhocas na cinza a 100% quando comparada ao solo natural sem adição de cinza. No ensaio de reprodução com colêmbolos, a cinza aplicada nas doses 0,5%, 1% e 10%, diluída no solo natural, não ocasionou efeitos deletérios sobre a reprodução de colêmbolos.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a cinza de biomassa florestal, aplicada nas doses avaliadas, não apresentou toxicidade para invertebrados do solo.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 11267-2. Qualidade do solo – Inibição da reprodução de Collembola (*Folsomia candida*) por poluentes do solo 2009.

ABNT NBR ISO 17512-1. Qualidade do Solo — Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetidae* *Eisenia andrei*). 2011.

BOITEAU, G., LYNCH, D.H., MACKINLEY, P. Avoidance tests with *Folsomia candida* for the assessment of copper contamination in agricultural soils. **Environmental Pollution**, 159, 903-906, 2011.

IZQUIERDO, M.; QUEROL, X. Leaching behaviour of elements from coal combustions fly ash: Na overview. **International Journal of Coal Geology**, vol. 94, p. 54-66, 2012.

MACCARI, A. P. **Avaliação ambiental do uso de dejetos de suínos por meio de ensaios ecotoxicológicos em solos do estado de Santa Catarina**. 2014. 135 p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC. Lages.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; SANTANA, D. L. Q.; SALDANHA, I. A. A.; DEDECEK, R. A.; LIMA, E. A. **Cinza de biomassa florestal como insumo para plantio de *Pinus taeda* em Cambissolo e Latossolo em Vargem Bonita, SC**. Comunicado técnico; n. 187. Colombo, PR: Embrapa, 2007.

OSTERAS, A. H.; SUNNERDAHL, I.; GREGER, M. The Impact of wood ash and Green Liquor Dregs Application on Ca, Cu, Zn and Cd Contents in Bark and Wood of Norway Spruce. **Water, Air, and Soil Pollution**, n. 166, p. 17-29, 2005.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *E. Urophylla* com enfoque energético**. 2009. 91 p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras.

SEGAT, J. C. **Avaliação Ecotoxicológica do uso de dejetos de suínos em solos de Santa Catarina**. 2012. 129 p. (Dissertação de Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba.

SISINNO, C. L. S.; BULUS, M. R. M.; RIZZO, A. C.; MOREIRA, J. C. Ensaio de comportamento com minhocas (*Eisenia fetida*) para avaliação de áreas contaminadas: resultados preliminares para contaminação por hidrocarbonetos. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol**, v. 1, n. 2, p. 137-140, 2006.